

目 次

1 DFT の定義と FFT の導入

1.1 DFT の定義	1
1.1.1 DFT の定義	1
1.1.2 IDFT の誘導	3
1.2 FFT の導入	7
1.2.1 ビット反転操作	8
1.2.2 FFT の導入とその信号流れ図表示	12

2 FFT のアルゴリズム

2.1 FFT のアルゴリズム	20
2.1.1 FFT の行列表示と信号流れ図表示の対応	20
2.1.2 FFT アルゴリズムの特徴と ①, ② の用語	22
2.1.3 複素乗算回数と複素加算回数	25
2.1.4 FFT 出力の順序の復元	27
2.1.5 周波数間引き形 FFT と時間間引き形 FFT	29
2.2 FFT のプログラム	31
2.2.1 プログラムの概要	31
2.2.2 周波数間引き形 FFT のプログラム	32
2.2.3 プログラミングに関する ①, ② の注意とその変形	40
2.2.4 サブプログラムとして用いられる FFT	42
2.2.5 時間間引き形 FFT のプログラム	47
2.3 DFT の性質と FFT の使い方	48
2.3.1 DFT の ①, ② の性質	48
2.3.2 FFT の計算例	54

3 FFT によるフーリエ解析

3.1 フーリエ級数	58
3.1.1 フーリエ級数の定義	58
3.1.2 FFT によるフーリエ係数の計算	60
3.1.3 エリアシング誤差	62
3.2 離散フーリエ級数	64
3.2.1 離散フーリエ級数の定義	65
3.2.2 離散フーリエ級数展開の実行	65
3.3 フーリエ変換	66
3.3.1 フーリエ変換の定義	66
3.3.2 スペクトルの計算	67
3.3.3 エリアシング誤差と周波数分解能	69
3.4 離散時間フーリエ変換	70
3.5 FFT によるフーリエ解析法のまとめ	73
3.5.1 各フーリエ解析法の関係	73
3.5.2 解析例	75

4 窓関数とスペクトル

4.1 時 間 窓	80
4.1.1 時間窓	80
4.1.2 時間窓の影響	82
4.1.3 切り出された波形の DFT	84
4.2 代表的な窓関数とその特徴	86
4.2.1 代表的な窓関数	86
4.2.2 解析例	90

5 FFT による畳み込み計算

5.1 畳み込み	94
5.1.1 畳み込みの定義	94
5.1.2 循環畳み込み	96
5.1.3 有限数列の直線畳み込み	101
5.2 無限数列の直線畳み込み	106
5.2.1 重複加算法	107
5.2.2 重複保持法	109
5.2.3 最適ブロック長	112
5.3 実信号の畳み込み	115

6 多次元 FFT

6.1 2次元信号	117
6.1.1 2次元信号の表現	117
6.1.2 2次元サンプリング定理	119
6.2 2次元 FFT アルゴリズム	119
6.2.1 2次元 DFT の定義	120
6.2.2 行列分解法	121
6.2.3 ベクトル-ラディックス FFT	123
6.2.4 演算回数の比較	126
6.3 2次元信号のフーリエ解析	128
6.3.1 2次元離散フーリエ級数	128
6.3.2 離散空間フーリエ変換	130
6.3.3 フーリエ解析法の関係	132
6.3.4 2次元スペクトルの計算例	132
6.4 2次元窓関数	134

7 信号の統計解析とその応用

7.1 相関関数とそのスペクトル	137
7.1.1 相関関数	137
7.1.2 パワー・スペクトル	139
7.1.3 クロス・パワー・スペクトル	143
7.1.4 信号のエルゴード性	146
7.2 相関関数の推定法	151
7.2.1 相関関数の直接推定法	151
7.2.2 相関関数のFFT推定法	154
7.3 スペクトル推定法	157
7.3.1 相関関数によるスペクトル推定法	158
7.3.2 スペクトルの直接推定法	161
7.3.3 各推定法のまとめ	163
7.4 相関関数の応用例	164
7.4.1 自己相関関数による雑音除去	164
7.4.2 伝達特性の推定	166

8 DFT フィルタバンク

8.1 フィルタバンク	168
8.1.1 デシメーションとインタポレーション	169
8.1.2 並列フィルタバンク	171
8.2 DFT フィルタバンク	172
8.2.1 ポリフェーズフィルタ	173
8.2.2 DFT フィルタバンク	174
8.3 DFT フィルタバンクの設計法	176
8.3.1 QMF バンク	177
8.3.2 DFT フィルタバンクの設計法	178
8.3.3 設計法	181

9 FFT 演算における有限語長の影響

9.1 信号の量子化とその影響	183
9.1.1 固定小数点形式と浮動小数点形式	183
9.1.2 負の数の表現	185
9.1.3 量子化方法	187
9.1.4 量子化雑音	190
9.2 DFT 演算における量子化誤差	193
9.3 固定小数点FFTにおける有限語長の影響	195
9.3.1 有限語長演算の影響	196
9.3.2 スケーリングの影響	198
9.4 浮動小数点FFTにおける有限語長の影響	200
9.4.1 有限語長演算の影響	200
9.4.2 その他の諸注意	203

付 録

Cを用いた倍精度FFT	204
BASICを用いた2次元FFT	208

参考文献	212
索引	216